

**Universidade Federal de Santa Catarina  
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**Avaliação de dois sistemas de tratamento e reúso de águas cinzas em uma  
residência no bairro de Ratoles, Florianópolis/SC**

**Fernando Resende Fenelon**

**Trabalho apresentado à Universidade  
Federal de Santa Catarina para  
Conclusão do Curso de Graduação em  
Engenharia Sanitária e Ambiental**

**Orientador  
Prof. Luiz Sérgio Philippi**

**Florianópolis (SC)  
Julho de 2008**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

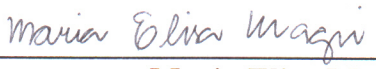
**AVALIAÇÃO DE DOIS SISTEMAS DE TRATAMENTO E REÚSO DE ÁGUAS CINZAS  
EM UMA RESIDÊNCIA NO BAIRRO DE RATONES, FLORIANÓPOLIS /SC**

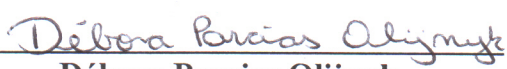
**FERNANDO RESENDE FENELON**

**Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos requisitos para  
Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental –  
TCC II**

**BANCA EXAMINADORA:**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Luiz Sérgio Philippi**  
(Orientador)

  
\_\_\_\_\_  
**Maria Elisa Magri**  
**Eng. Sanitarista e Ambiental**  
(membro da banca)

  
\_\_\_\_\_  
**Débora Parcias Olijnyk**  
**Eng. Sanitarista e Ambiental, Msc.**  
(membro da banca)

**Florianópolis (SC)  
Julho de 2008**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, gostaria de agradecer à Deus pela oportunidade.

A meus pais por acreditarem e me apoiarem sempre.

Aos meus irmãos, Marcos e Leonardo, pela amizade e companheirismo.

Ao professor Luiz Sérgio Philippi pela orientação.

À Maria Elisa, Débora e Madelon pela confiança e aprendizado.

Aos companheiros de bolsa Andréia, Taísa, João, Letícia, Djesser e Carla.

Ao CnPq pela bolsa de iniciação científica.

A todos os professores que contribuíram para minha formação.

Aos meus amigos pela força.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>8</b>
2.1 Objetivo Geral .....	8
2.2 Objetivos Específicos .....	8
 <b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>8</b>
3.1 Escassez da água .....	8
3.2 Usos e Demandas .....	9
3.3 Segregação e Reúso .....	10
3.4 Águas Cinzas .....	10
3.4.1 Caracterização das Águas Cinzas .....	11
3.4.2 Sistemas de Tratamento de Águas Cinzas.....	13
3.5 Padrões de Reúso.....	13
 <b>4 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>15</b>
4.1 Local da Pesquisa .....	15
4.2 Sistemas de Tratamento das Águas Cinzas .....	16
 <b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>20</b>
5.1 Quantificação das Águas Cinzas .....	20
5.2 Caracterização das Águas Cinzas .....	22
5.3 Comparação da Eficiência dos dois Sistemas .....	28
5.4 Comparação dos dois Sistemas com os Padrões de Reúso .....	30
 <b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>32</b>
 <b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>33</b>

## **Resumo**

A escassez da água é um problema agravado pela falta de manejo e uso sustentáveis dos recursos naturais. Uma das formas de conservação deste recurso está no reuso das águas cinzas para fins menos nobres como uso em descargas sanitárias, rega de jardins e lavagens de automóveis. Inúmeros estudos neste campo vêm sendo realizados em todo mundo. No Brasil, pesquisas têm demonstrado que o reuso das águas cinzas para fins não potáveis é uma excelente alternativa na conservação deste recurso. Este trabalho tem como objetivo a comparação do tratamento das águas cinzas, em uma residência unifamiliar, primeiramente com apenas um filtro de brita aeróbio, e depois com um filtro de brita anaeróbio seguido de um filtro de areia aeróbio. A metodologia do trabalho levou em conta coletas e análises laboratoriais semanais dos principais parâmetros de qualidade da água e pesquisas bibliográficas. A produção de água cinza na residência supriu a demanda do vaso sanitário e o maior consumo de água na residência foram, diferentemente da literatura, no tanque e máquina de lavar. A desinfecção é obrigatória antes do reúso, visto que, mesmo não recebendo água do vaso sanitário, as águas cinzas apresentam Coli totais e *Escherichia coli* mesmo após o tratamento. A comparação da eficiência dos dois sistemas nos permitiu concluir que o tratamento anaeróbio, por si só, não é muito eficiente, mas este promove boas condições para o que o filtro de areia aeróbio opere sem muitos problemas como a colmatação, por exemplo. Os valores encontrados para os parâmetros Turbidez, Cor e Fósforo total nos dois sistemas para água cinza tratada não satisfazem as exigências das normas e padrões. Cabe ressaltar que não há uma padronização de parâmetros das normas para reúso, dado a amplitude de alternativas possíveis.

## **Palavras-Chaves:**

Águas cinzas, reúso, filtro de brita anaeróbio, filtro de areia aeróbio.

## **Abstract**

The scarcity of the water is a problem aggravated by the lack of handling and sustainable use of the natural resources. One conservation way of this resource is in the reuse of greywaters to a less noble purpose as the use in sanitary flushing, irrigation of gardens and to wash automobiles. Innumerable studies have been done. In Brazil, research has demonstrated that I reuse it of waters leached ashes for not potable ends is an excellent alternative in the conservation of this resource. This work has as objective the comparison of the treatment of greywater, in a residence with one family, first with only one aerobic gravel filter and later with a anaerobic gravel filter followed of an aerobic sand filter. The methodology of the work took in account weekly collections and laboratorials analyses of the main parameters of quality of the water and bibliographical research. The greywater production in the residence supplied the demand of the sanitary vase and the biggest water consumption in the residence had been, differently of literature, in the tank and machine to wash. The disinfection is obligator before reuses it, since, exactly not receiving water from the sanitary vase, the waters total leached ashes present Coli and *Escherichia coli* exactly after the treatment the comparison of the efficiency of the two systems allowed in them to conclude that the anaerobic treatment, by itself, is not very efficient, but this promotes good conditions for what the aerobic sand filter operates without many problems as the clogging, for example. The values found for the parameters Turbidity, Color and total Match in the two systems for treated greywater do not satisfy the requirements of the norms and standards. It fits to stand out that it does not have a standardization of parameters of the norms for I reuse, given the amplitude of possible alternatives.

## **Key-Words:**

Greywater, reuse, aerobic gravel filter, anaerobic gravel filter , aerobic sand filter.

## **1. INTRODUÇÃO**

A escassez de água no mundo é agravada em virtude da falta de manejo e usos sustentáveis dos recursos naturais. A cada ano mais de 80 milhões de pessoas passam por problemas de escassez. Quase todos os 3 bilhões de habitantes que devem ser adicionados à população mundial no próximo meio século nascerão em países que já sofrem com escassez de água (CETESB,2008).

O reúso das águas residuárias, atualmente, já não é apenas uma questão ambiental, e sim uma prática de sustentabilidade afim de garantir o direito deste recurso às gerações futuras.

A segregação é um importante recurso quando se visa o reúso das águas residuárias domésticas. As águas domésticas podem ser divididas em: águas cinzas e águas negras, sendo esta última subdividida em águas marrons e águas amarelas.

As águas negras são aquelas provenientes do vaso sanitário (fezes) e da pia da cozinha. As águas cinzas são as advindas do chuveiro, pia dos banheiros e máquina e tanque de lavar. As águas amarelas são as compostas pela urina, e as águas marrons pelas fezes.

O consumo médio de água per capita no Brasil é da ordem de 200L/hab.dia, variando entre 50L/hab.dia e 600L/hab.dia. Esta oscilação deve-se a fatores como: clima da região, renda familiar, características culturais, valor da tarifa da água e estrutura do gerenciamento do sistema de abastecimento (TSUTIYA,2006). Segundo dados do SNIS (Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento), este consumo varia entre 120L/hab.dia e 208L/hab.dia.

A redução do consumo de água potável nas unidades unifamiliares, através do reúso de águas cinzas, para fins menos nobres, como abastecimento de bacias sanitárias, entre outros, é uma excelente forma de conservação da água.

Este trabalho irá comparar dois sistemas de tratamento de águas cinzas. O primeiro composto por um filtro de brita aeróbio (S1) e o segundo por um filtro de brita anaeróbio seguido de um filtro de areia aeróbio (S2).

A estrutura experimental utilizada no trabalho integrou projetos do programa de pesquisa em saneamento básico – PROSAB, das edições 4 e 5.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Este trabalho tem por objetivo comparar dois sistemas de tratamento de águas cinzas, o primeiro composto por um filtro de brita aeróbio; e o segundo composto por um filtro de brita anaeróbio seguido de um filtro de areia aeróbio, com relação à eficiência de remoção de matéria carbonácea, nutrientes inorgânicos e organismos patogênicos nos dois sistemas.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Caracterizar e quantificar as águas cinzas geradas em uma residência unifamiliar;
- Avaliar a eficiência de dois sistemas de tratamento de águas cinzas, sendo: sistema 1 - um filtro aeróbio de brita; e sistema 2 - um filtro anaeróbio de brita + um filtro aeróbio de areia.
- Comparar a potencialidade de reúso das águas cinzas tratadas nos dois sistemas, para descarga de vaso sanitário.

## **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1 Escassez da Água**

Muito pouco valor é dado à água e ao problema da escassez de sua oferta. A escassez de água potável deve-se, entre outras razões, à sua disponibilidade ser inversamente proporcional ao crescimento populacional e ao uso ineficiente deste recurso.

A Comissão Mundial da Água estima que o uso deste recurso aumentará à razão de 50% nos próximos 30 anos, e que, em 2025, metade da população mundial sofrerá graves restrições de água potável. É um volume constante para uma população que não pára de crescer.

O cenário de escassez provocado pela degradação, desperdício e distribuição irregular da água, somado ao aumento da demanda em várias atividades, como o uso humano, industrial, irrigação, geração de energia, entre outros, são os principais motivos da diminuição da disponibilidade deste recurso.

Uma grande oferta de água não quer dizer que a escassez está longe de acontecer. Segundo a UNICEF (2000), na América Latina, apesar de ser privilegiada com grandes reservas de água doce, 78 milhões de pessoas não possuem acesso à água potável.



O problema da escassez da água passa não só pela falta do recurso propriamente dito, mas também pela falta de acessibilidade da população onde há certa abundância do mesmo.

### **3.2 Usos e Demandas**

A água é utilizada, em todo o mundo, para diversas finalidades, como o abastecimento de cidades e usos domésticos, a geração de energia, a irrigação, a navegação e a aquicultura.

De acordo com dados da ANA (2001), a maior demanda por água no Brasil, como acontece em grande parte dos países, é para agricultura, sobretudo a irrigação, com cerca de 70% do total, em seguida para fins urbanos com 21%, indústria com 6% e, por último, a pecuária (dessedentação animal) com cerca de 3%.

Dados da Sabesp (2003) indicam uma perda de 35% da água nas redes de abastecimento público do estado de São Paulo, diminuindo a oferta.

Ainda de acordo com a ANA(2001), o consumo doméstico de água no Brasil é da ordem de 200 litros diários por pessoa: 27% consumo (cozinhar, beber água), 25% higiene (banho, escovar os dentes), 12% lavagem de roupa; 3% outros (lavagem de carro) e 33% descarga de vasos sanitários, o que mostra que, tanto nas cidades como nas indústrias reusando água cinza tratada para descarga de vasos sanitários, pode-se economizar 1/3 de toda água.

O consumo residencial de água pode ser dividido em dois grupos distintos: os que demandam de água potável, como a higiene pessoal, água para beber e na preparação de alimentos; e os não-potáveis, como a lavagem de roupas, rega de jardins, lavagem de calçadas e veículos e na descarga do vaso sanitário.

A água utilizada para os fins não potáveis significa, em média, 40% do total da demanda residencial, a qual, se manejada corretamente pode ser reutilizada gerando uma redução de até 30% no consumo da água potável (ECO 21,2008).

A demanda residencial por água pode variar sobre vários aspectos, como: região, modo e padrão de vida, cultura, clima, número de habitantes e a gestão do sistema de abastecimento. A necessidade de se rever a quantidade de água fornecida para suprir as atividades básicas humanas já vêm sendo discutida por alguns autores.

### 3.3 Segregação e Reúso

A segregação das águas residuárias é de extrema importância para que o reúso possa ser otimizado.

O esgoto doméstico pode ser segregado da seguinte forma:

- Águas negras: efluente proveniente dos vasos sanitários, incluindo fezes, urina e papel higiênico; as águas negras podem ainda ser separadas em águas marrons, incluindo somente as fezes e águas amarelas incluindo somente a urina;
- Águas cinzas: águas originadas do lavatório, chuveiro, máquina e o tanque de lavar roupas;

De acordo com Braga Filho e Mancuso (2003), o reúso consiste no aproveitamento de água previamente utilizada, uma ou mais vezes em alguma atividade humana, podendo ser direto ou indireto, bem como decorrer de ações planejadas ou não.

O reúso indireto se dá quando o efluente tratado é disposto no meio ambiente, em corpos d' água por exemplo, e o direto é quando após tratado o efluente retorna ao seu local de reúso sem a passagem pelo meio ambiente.

Segundo Asano (1996), o retorno das águas residuárias e seu reúso vem se tornando um componente importante no planejamento, desenvolvimento e utilização dos recursos hídricos. A utilização de águas residuárias para uso não potável, como em descargas sanitárias, representa um potencial a ser explorado em substituição ao uso da água potável.

Segundo Bazzarela (2005), o reúso das águas cinzas enquadra-se no reúso não potável para fins: agrícolas, industriais, domésticos, recreacionais, para manutenção de vazões, para aquicultura e para recarga de aquíferos subterrâneos.

### 3.4 Águas Cinzas

A água cinza, em uma residência, é aquela proveniente das instalações hidro-sanitárias (UHS), como o lavatório, o chuveiro, a máquina e o tanque de lavar roupas. A água da vaso sanitário e da pia da cozinha é normalmente denominada água negra.

Alguns autores incluem ainda as águas geradas na pia da cozinha nas águas cinzas, por exemplo, de acordo com Eriksson (2001), águas cinzas são aquelas originadas a partir dos lavatórios, chuveiros, máquina e tanque de lavar e da pia da cozinha.

Não se considera água cinza os efluentes provenientes da pia da cozinha por considerar estes ricos em óleos e gorduras, sendo água cinza aquela originada pelo chuveiro, banheira, lavatório e máquina de lavar (NOLDE, 2000 e GELT, 2003).

O uso de fontes alternativas, como águas cinzas, surge como uma forma ecologicamente correta e sustentável para suprir demandas de água menos nobres.

### 3.4.1 Caracterização das Águas Cinzas

O consumo doméstico de água varia de acordo com vários aspectos como clima, cultura, sazonalidade e economia da população. Em países desenvolvidos o consumo de água é maior em relação aos subdesenvolvidos e aos em desenvolvimento.

Santos citado por Peters (2006) afirma que a vazão específica das UHS associada a real frequência e duração de seus usos, permite estimar a real vazão de água cinza produzida diariamente em residências.

No Brasil, o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) vêm desde os anos 90 realizando campanhas para medição de consumo de água em residências, por meio do monitoramento dos vários pontos de consumo (ROCHA, 1998).

Estima-se que 33% dos efluentes gerados em uma residência são água cinza e que destes, de acordo com o Guidelines for Reuse in Western Austrália (1999), 55% são provenientes dos lavatórios, chuveiros e 34% são provenientes do tanque e máquina de lavar.

A Tabela 1 apresenta o consumo de água por (UHS), em 3 estudos.

**Tabela 1:** Comparação da porcentagem de consumo de água por UHS com a literatura

Unidade	DECA	NSWHealth	PNCDA
	(2006)	(2000)	(1998)
Vaso sanitário	14%	32%	5%
Chuveiro	47%	33%	55%
Lavatório	12%	5%	8%
Pia da Cozinha	15%	7%	18%
Máquina lavar roupa	8%	23%	11%
Tanque lavar roupa	5%	-	3%

Segundo Fiori *et al.* (2004), quantitativamente, o reúso das águas cinzas é viável e sua aplicação justifica-se para o uso doméstico, entretanto, a qualidade necessária para os usos diversos deve ser rigorosamente analisada para a garantia da segurança sanitária.

De acordo com Eriksson (2001), as características das águas cinzas dependem primeiramente da qualidade da água distribuída, seguido do tipo de distribuição feita na edificação e posteriormente, das atividades em que a água é utilizada.

Os parâmetros físicos, químicos e biológicos utilizados comumente para caracterização da água cinza baseiam-se nos parâmetros de caracterização de esgotos domésticos convencionais.

Em se tratando da água cinza, Borges (2003) aponta os seguintes parâmetros: temperatura, cor, turbidez, sólidos suspensos, demanda bioquímica de oxigênio, carbono orgânico total e concentração de nutrientes.

De acordo com Von Sperling (1996), os parâmetros mais importantes em se tratando de esgoto doméstico são: sólidos, indicadores de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e indicadores de contaminação fecal.

Ainda segundo Eriksson (2001), os parâmetros físicos importantes a serem observados na água cinza são: temperatura, cor, turbidez e sólidos suspensos. Sendo a temperatura devido às temperaturas elevadas favorecerem o crescimento microbiano. A turbidez e os sólidos suspensos mostram indicações sobre o teor de partículas e colóides que podem, na presença de detergentes, solidificar-se e comprometer a eficiência do tratamento ou causar o entupimento das tubulações. O mesmo cita ainda a DBO, a DQO e nutrientes como o fósforo e o nitrogênio.

Segundo Lazarova *et al.* (2003), a água cinza pode conter grupos de indicadores patogênicos como os Coliformes Fecais e isto indica risco a saúde podendo ser usado para avaliar o sistema de água cinza.

A Tabela 2 apresenta valores de parâmetros físico-químicos de águas cinzas encontrados em 4 estudos.

**Tabela 2:** Comparação de parâmetros físico-químicos de águas cinzas em 4 estudos

Parâmetros	Borges (2003)	Bazarella (2005)	Rapoport (2004)	Fiori (2004)
pH	7,2	7,1	6,1	6,9
Alcalinidade (mg/L)	-	114,7	-	-
Turbidez(NTU)	37,3	166,0	82,0	373,0
SST(mg/L)	-	134,0	185,0	100,0
ST(mg/L)	-	153,6	-	-
Cor(Uc)	52,3	-	-	-
N.Amôniacal (mg/L)	-	1,9	2,5	-
Nitrito (mg/L)	-	0,1	0,0	0,0
Nitrato (mg/L)	-	0,5	-	1,5
P-total (mg/L)	6,2	9,0	2,0	0,3
DQO (mg/L)	-	857,0	401,0	374,0

### **3.4.2 Sistemas de Tratamento de Águas Cinzas**

A análise das características do efluente, conjuntamente com os requisitos de qualidade requeridos para a aplicação de reúso desejada, geralmente definem o tipo de tratamento a ser adotado. Os processos desenvolvidos variam desde sistemas simples em residências até séries de tratamentos avançados para reúso em larga escala (JEFFERSON et al,1999).

Os processos físicos desenvolvidos para o tratamento de águas cinzas compreendem principalmente a filtração com leitos de areia e processos utilizando membranas, esses últimos são precedidos de um pré tratamento apropriado.

O filtro anaeróbio ascendente é basicamente uma unidade de contato, na qual os esgotos passam através de uma massa de sólidos biológicos contida dentro do reator. Os compostos orgânicos solúveis contidos no esgoto afluente entram em contato com a biomassa, difundindo-se através das superfícies do biofilme ou do lodo granular, sendo então convertidos em produtos intermediários e finais, especificamente metano e gás carbônico. (CHERNICHARO, 2007).

O filtro de areia é um tanque preenchido de areia e outros meios filtrantes, com fundo drenante e com esgoto em fluxo descendente, onde ocorre a remoção de poluentes, tanto por ação biológica quanto física.(NBR 13969/97).

Nos reatores UASB, a biomassa cresce dispersa e não aderida a um meio suporte, como no caso de filtros anaeróbios. A concentração de biomassa no reator é bastante elevada e por isso seu volume requerido é bastante reduzido,e comparação com outros sistemas de tratamento (BAZZARELA, 2005).

O biofiltro aerado submerso é constituído por um tanque preenchido com material poroso, através do qual esgoto e ar fluem permanentemente. O biofiltro é, portanto, um reator trifásico, composto por: fase sólida - constituído pelo meio suporte e pelas colônias de microrganismos que nele se desenvolvem; fase líquida - composta pelo líquido em permanente escoamento em meio poroso; fase gasosa - formada pela aeração artificial e, em reduzida escala, pelos gases subprodutos da atividade biológica (BAZZARELA, 2005)

### **3.5 Padrões de Reúso**

A norma que aponta para padrões de qualidade de água para reúso no Brasil é a NBR 13969 (ABNT, 1997). Ela discorre acerca do reúso de esgoto doméstico tratado, indicando os seus usos e a qualidade exigida de água não potável e sanitariamente segura.

Os padrões de reúso de água variam bastante de um lugar para outro. A Tabela 3 relaciona uma série de normas internacionais que estabelecem requisitos mínimos de qualidade para a água de reúso em ambientes urbanos.

**Tabela 3:** Valores para água de reúso (internacionais)

Parâmetros	EPA	NSWHealth	Alemanha	Japão
	(2004)	(2000)	(1999)	(2003)
pH	-	-	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0
DBO(mg/L)	5,0 - 30,0	< 10,0 - 20,0	< 20,0	10
SST(mg/L)	5,0 - 30,0	< 10,0 - 20,0	< 10,0	-
Turbidez(NTU)	2,0 - 5,0	-	2,0 - 5,0	5
Coli Totais(NMP/100ml)	2,2 - 23,0	< 1,0	< 10,0	10
<i>E. coli</i> (NMP/100ml)	ND - 75,0	< 10,0 - 30,0	-	10

**Fonte:** Peters(2006)

A Tabela 4 apresenta os valores da norma NBR 13969/97 classe 3, ou seja, com destinação à descarga de vasos sanitários, com o Manual de conservação e reúso em edificações da ANA/FIESP & SINDUSCON(2005), que estabelecem requisitos mínimos de qualidade para a água de reúso em ambientes urbanos.

**Tabela 4:** Valores para água de reúso (nacionais)

Parâmetros	ANA & FIESP	NBR13969 Classe 3
	(2005)	(1997)
pH	6,0 - 9,0	-
Cor	< 10	< 10,0
Turbidez(NTU)	< 2,0	-
Óleos e Graxas	< 1,0	-
DBO(mg/L)	< 10,0	-
Coli Fecais(nmp/100ml)	ND	<500
Nitrato(mg/L)	< 10,0	-
Amônia(mg/L)	< 20,0	-
Nitrito(mg/L)	< 1,0	-
Fósforo Total(mg/L)	< 0,1	-
SST(mg/L)	< 5,0	-
SDT(mg/L)	< 500	-

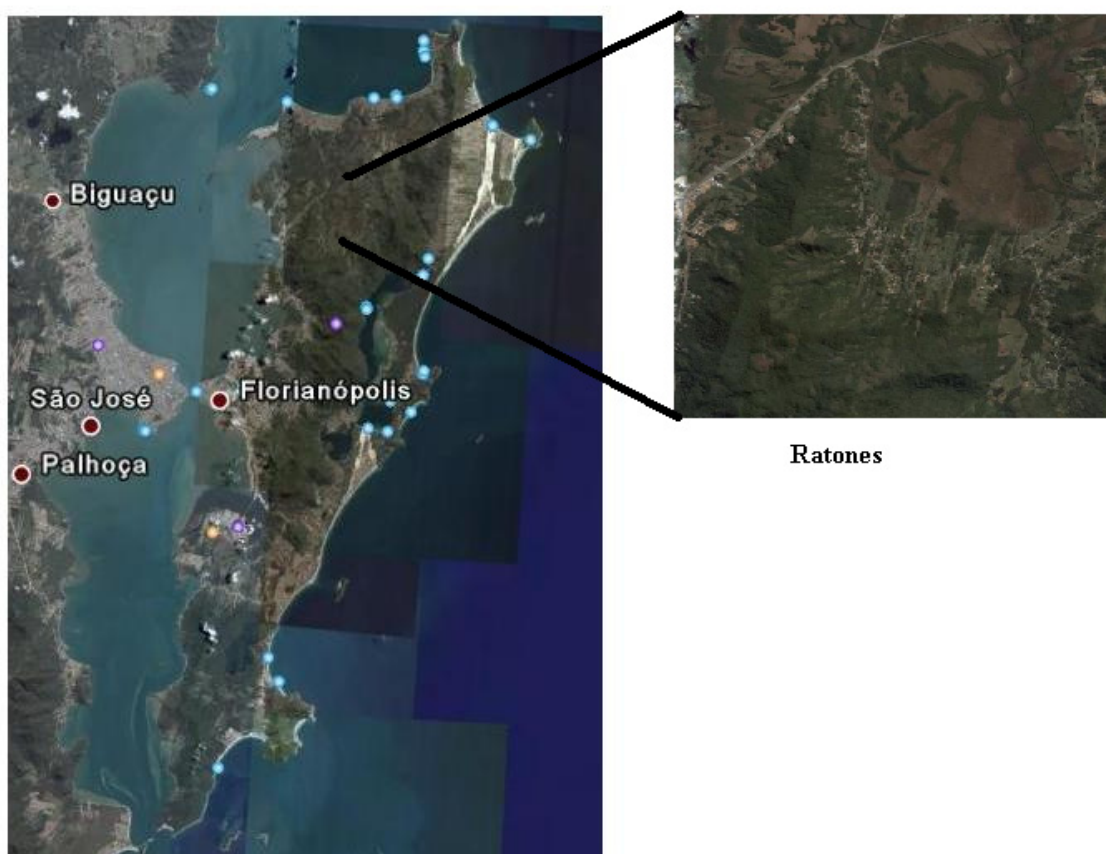
**Fonte:** Peters(2006)

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Local da Pesquisa:

A pesquisa foi desenvolvida em uma residência de baixo padrão localizada no Bairro de Ratores (figura 1), na Ilha de Florianópolis/SC. O Município de Florianópolis possui uma área de 436,5 km<sup>2</sup> conta com uma população residente de 342.315 habitantes e está localizado entre os paralelos de 27°10' e 27°50' de latitude sul e entre os meridianos de 48°20' e 48°35' de longitude oeste (IBGE,2000).

Ratores é uma localidade e um distrito do município de Florianópolis, sua área total é de cerca de 33,12 km<sup>2</sup>, com uma população residente de aproximadamente 2871 habitantes (WIKIPEDIA,2008).



**Figura 1:** Mapa e localização

A residência é ocupada por três habitantes, dois adultos e uma criança. Os cômodos na casa são distribuídos da seguinte forma: 03 quartos, 01 banheiro, 01 sala e 01 cozinha na parte interna e uma edícula onde está instalado o tanque de lavar e a máquina de lavar roupas.

Na residência instalou-se três redes de abastecimento, uma rede de água de reúso na descarga da bacia sanitária, uma rede de água potável para os outros usos, e uma rede de reúso da água da chuva na máquina e tanque de lavar.

Em ambos sistemas foram instalados hidrômetros nas diferentes Unidades Hidráulico-Sanitárias (UHS), com medições diárias a fim de quantificar os efluentes gerados na residência.

A metodologia do trabalho quanto ao sistema 1 consistiu em apenas repassar os dados de trabalho da dissertação de mestrado de Peters (2006) integrante do PROSAB 4.

## 4.2 Sistemas de Tratamento

### 4.2.1 Sistema 1: Filtro de brita aeróbio

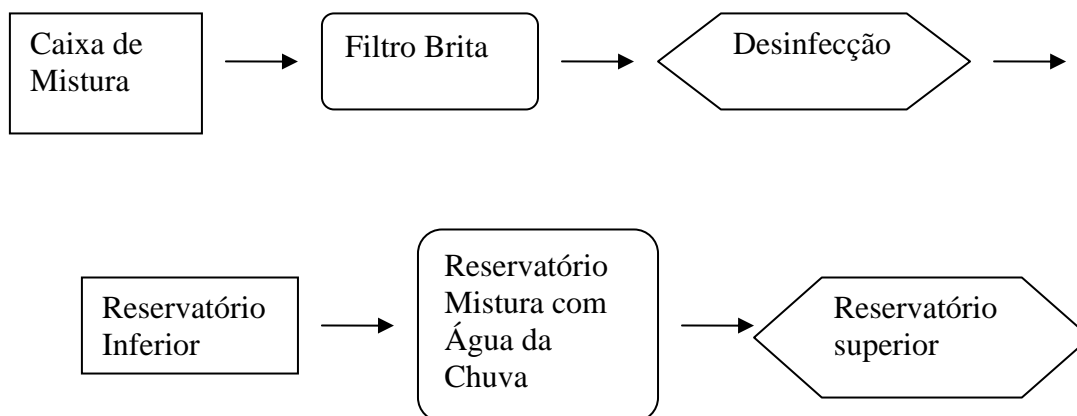
O sistema 1 foi instalado e operado durante o período de janeiro de 2005 até novembro de 2006 e era composto por:

- uma caixa receptora das águas;
- um filtro de brita aeróbio intermitente de fluxo descendente;
- uma caixa de passagem para desinfecção com cloro;
- reservatório inferior de água cinza ;
- reservatório superior de reúso de água cinza misturada com água de chuva.

A água cinza tratada era utilizada na bacia sanitária misturada com água reaproveitada da chuva.

Este sistema fez parte do projeto de pesquisa intitulado: “Práticas de saneamento descentralizado com segregação e tratamento de esgotos domésticos na origem, visando a redução do consumo de água”, integrante do PROSAB 4 – Tema 5 – conservação da água.

A figura 2 apresenta um fluxograma do sistema 1 de tratamento e reúso de águas cinzas.



**Figura 2:** Fluxograma do sistema 1



O filtro de brita (figura 3) para o tratamento da água cinza foi dimensionado a partir de uma taxa hidráulica superficial de 200 L/m<sup>2</sup>dia (área superficial de 1,0 m<sup>2</sup> e altura do material filtrante de 0,7 m). A brita para este filtro é classificada como Brita 2 (diâmetro de 12,5 a 25,0 mm), de acordo com a NBR 11799/90. O filtro foi construído em uma caixa de polietileno com capacidade para 300 Litros. O efluente era distribuído superficialmente, percolando pelo meio filtrante ocasionando uma pequena aeração natural.



**Figura 3:** filtro de brita aeróbio

Após a passagem pelo filtro de brita, a água cinza era direcionada para um reservatório de desinfecção e posteriormente para um reservatório de acumulação com capacidade de 240 litros confeccionado com anel de concreto pré-fabricado de 1,1 m de diâmetro interno e 1,80 m de altura útil sendo devidamente impermeabilizado.

#### **4.2.1.1 Operação e Monitoramento**

O período de operação e monitoramento foi de janeiro de 2005 até novembro de 2006. Os pontos amostrados foram: água cinza bruta, pós filtro de brita e reservatório inferior; sendo analisados semanalmente os seguintes parâmetros:

- pH;
- Alcalinidade total;
- Turbidez;
- Nitrogênio amoniacal;
- Nitrogênio nítrito;
- Nitrogênio nítrato;
- Fósforo ortofosfato;
- Sólidos suspensos;
- Sólidos totais;
- Coliformes totais;
- *Escherichia coli*..

As análises foram realizadas no LIMA (Laboratório Integrado ao Meio Ambiente – UFSC), segundo Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (1995), com exceção de nitrogênio amoniacal, que foi realizado segundo VOGEL(1981).

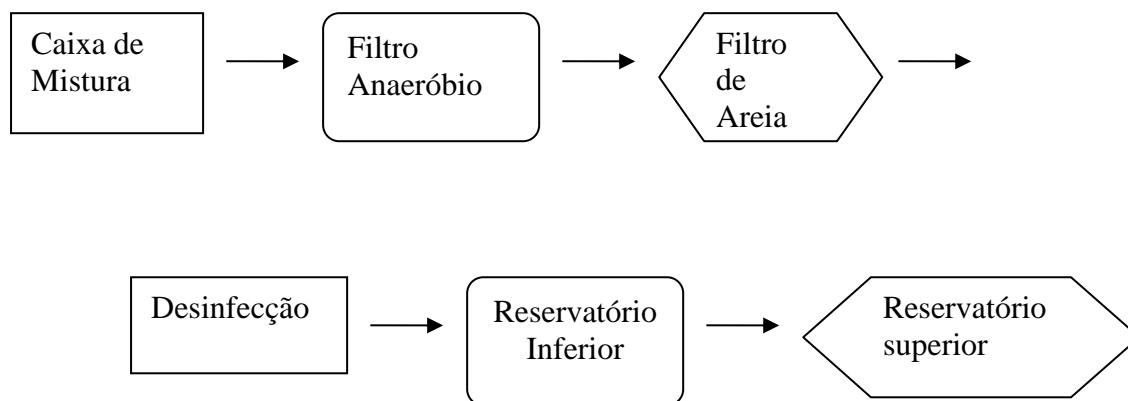
#### 4.2.2 Sistema 2: Filtro anaeróbio + Filtro de areia

O sistema 2 foi instalado em janeiro de 2007 e era composto por:

- uma caixa receptora das águas cinzas brutas;
- um filtro de brita anaeróbio de fluxo ascendente;
- um filtro de areia aeróbio de fluxo descendente;
- uma caixa de passagem para desinfecção com cloro;
- um reservatório inferior e um superior de água cinza.

O sistema foi operado e monitorado entre janeiro e dezembro de 2007, fazendo parte do projeto de pesquisa intitulado “Desenvolvimento e avaliação de processos para o uso de fontes alternativas de água visando à sua conservação”, integrante do PROSAB 5 – Tema 5 – conservação da água.

A figura 4 representa um fluxograma do sistema 2 de tratamento e reúso de águas cinzas.



**Figura 4:** Fluxograma do sistema 2

O filtro de brita (Figura 5) para o tratamento da água cinza do Sistema 2 foi dimensionado a partir de uma taxa hidráulica superficial de 200 L/m<sup>2</sup>/dia (área superficial de 1,0 m<sup>2</sup> e altura do material filtrante de 0,7 m). A brita para este filtro é classificada como Brita 2 (diâmetro de 12,5 a 25,0 mm), de acordo com a NBR 11799/90. O filtro foi construído em uma caixa de polietileno com capacidade para 500 Litros. O efluente era distribuído por fluxo ascendente, de baixo para cima, percolando pelo meio filtrante caracterizando a etapa anaeróbia do sistema.



**Figura 5:** Filtro de brita anaeróbio

Após a passagem pelo filtro de brita , a água cinza era direcionada para um filtro de areia aeróbio devidamente impermeabilizado.

O filtro de areia (Figura 6) para o tratamento da água cinza foi dimensionado a partir de uma taxa hidráulica superficial de  $100 \text{ L/m}^2.\text{dia}$  (área superficial de  $2,0 \text{ m}^2$  e altura do material filtrante de  $0,8 \text{ m}$ ), segundo a NBR 13969. A areia para este filtro é de diâmetro superior a  $0,25 \text{ mm}$ . O efluente era distribuído superficialmente, percolando pelo meio filtrante ocasionando uma pequena aeração natural.



**Figura 6:** Filtro de areia aeróbio

#### 4.2.2.1 Operação e Monitoramento

O tempo de operação e monitoramento foi de janeiro de 2007 até setembro de 2007, Os pontos amostrados foram: água cinza bruta, pós filtro de brita anaeróbio, e reservatório inferior; sendo analisados semanalmente os seguintes parâmetros:

- pH;
- Alcalinidade total;
- Turbidez;
- Nitrogênio amoniacal;
- Nitrogênio nítrico;
- Nitrogênio nítrico;
- Fósforo total;
- Sólidos suspensos;
- Sólidos totais;
- Coliformes totais;
- *Escherichia coli*.

As análises foram realizadas no LIMA (Laboratório Integrado ao Meio Ambiente – UFSC), segundo a Standard Methods for Examination of Water and Wastewater(1995), com exceção de nitrogênio amoniacal, que foi realizado segundo VOGEL(1981).

### 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

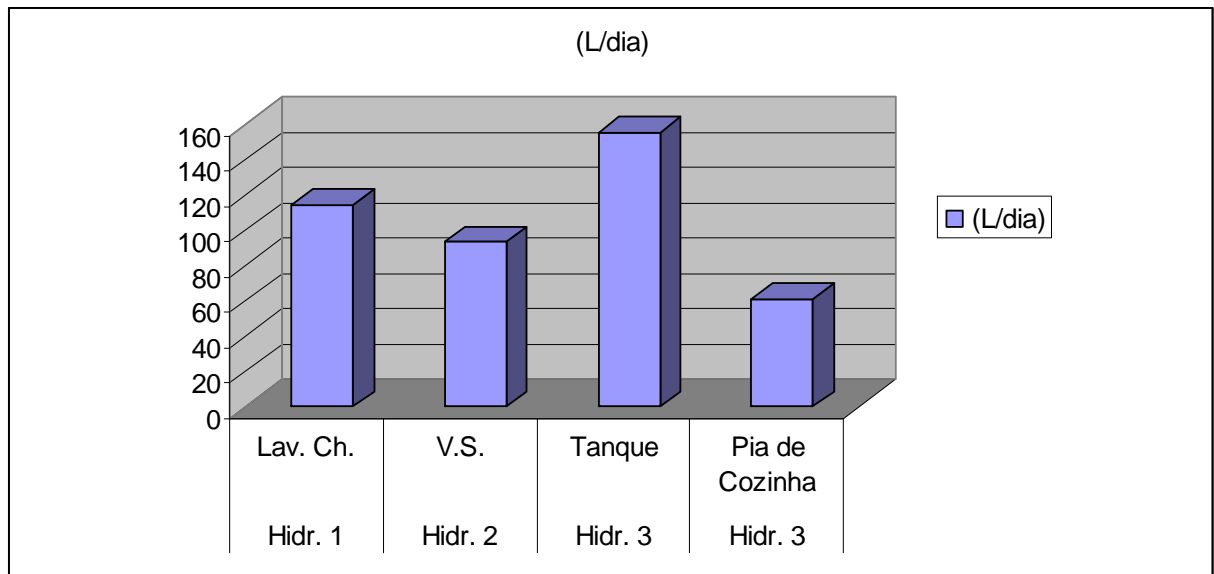
#### 5.1 Quantificação das águas cinzas no sistema 2

A partir de dados obtidos em hidrômetros instalados nas UHS (Unidades Hidráulico-Sanitárias), observamos que do total de água consumida na residência, em termos percentuais, o tanque e a máquina de lavar apresentam maior demanda com 37% do total. O lavatório e o chuveiro representaram 27%, seguidos pelo vaso sanitário com 22% e pia da cozinha com 14%.

A Tabela 4 e a Figura 7 indicam a média de água consumida nos quatro hidrômetros instalados nas UHS da residência.

**Tabela 4:** Média do consumo medida nos hidrômetros

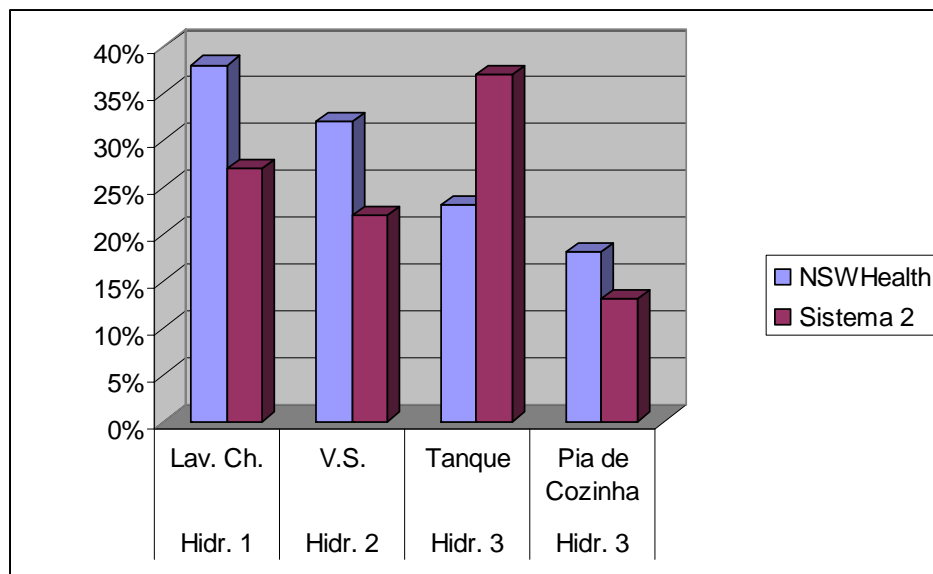
Hidrômetro. 1	Hidrômetro 2	Hidrômetro 3	Hidrômetro 4
Lav. Ch.	V.S.	Tanque	Pia de Cozinha
114,53 (L/dia)	93,27(L/dia)	155,54(L/dia)	61,02(L/dia)



**Figura 7:** Média do consumo dos hidrômetros na residência

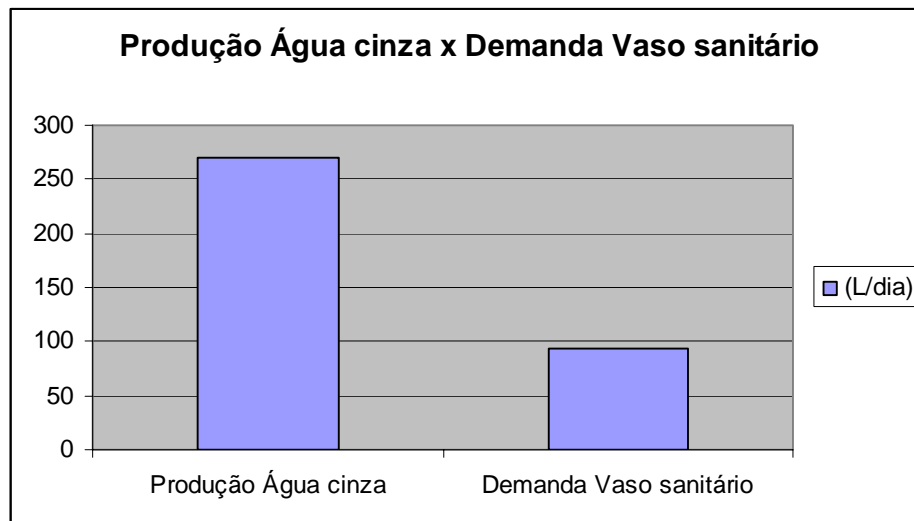
A partir dos dados da Tabela 4, tem-se que a produção de água cinza na residência, considerando a água proveniente do lavatório, chuveiro e tanque de lavar roupa, totalizou um volume médio de 270,1 L/dia.

A Figura 8 apresenta uma comparação da porcentagem de água consumida na residência do sistema 2 com da NSWHealth (2000). Apesar de no estudo em comparação o chuveiro e o vaso sanitário serem as unidades que mais consomem água em residência, nesta pesquisa, o tanque e a máquina de lavar roupa apresentaram não só valores maiores que os reportados na literatura como também foram as UHS com maior consumo na residência. Mostrando que a produção de água cinza depende não só da região como dos hábitos e costumes dos habitantes, do clima, entre outros.



**Figura 8:** Comparação da porcentagem de água consumida no na residência com a literatura

A Figura 9 mostra, e com uma diferença considerável, que a produção de água cinza supriu a demanda do vaso sanitário atingindo o objetivo esperado.



**Figura 9:** Produção Água cinza x Demanda vaso sanitário

## 5.2 Caracterização das águas cinzas no sistema 2

Foram avaliadas as características físico-químicas dos efluentes nos seguintes pontos de amostragem: a água cinza misturada na caixa de recepção das UHS, a água após a passagem pelo filtro de brita e a água armazenada após passar por um filtro de areia, a fim de verificar as modificações na qualidade desta água em cada estágio.

### 5.2.1 Características físico-químicas das águas cinzas no sistema 2

As águas cinzas, de maneira geral, apresentam uma quantidade de sólidos em suspensão bastante elevada, evidenciadas tanto pelos resultados de turbidez quanto pela concentração de sólidos suspensos totais, respectivamente 174 e 100 mg/L.

Esses materiais em suspensão conferem um aspecto desagradável ao efluente, além de servirem de abrigo para microrganismos, podendo ocasionar rejeição por parte dos usuários no caso de um reúso sem tratamento.

A seguir estão apresentadas as tabelas 5, comparando os valores médios dos parâmetros para água cinza bruta com outros da literatura, e as tabelas 6 e 6.1 com valores típicos de esgoto bruto segundo JORDÃO E PESSOA, 2005.

**Tabela 5:** comparação valores médios da água cinza bruta com outros da literatura.

Parâmetros	Sistema 2	Borges (2003)	Bazarella (2005)	Rapoport (2004)	Fiori (2004)
pH	7,7	7,2	7,1	6,1	6,9
Alcalinidade (mg/L)	89,3	-	114,7	-	-
Turbidez(NTU)	174,4	37,3	166,0	82,0	373,0
SST(mg/L)	100,4	-	134,0	185,0	100,0
ST(mg/L)	461,9	-	153,6	-	-
Cor(Uc)	32,7	52,3	-	-	-
N.Amônia (mg/L)	3,9	-	1,9	2,5	-
Nitrito (mg/L)	0,1	-	0,1	0,0	0,0
Nitrato (mg/L)	0,3	-	0,5	-	1,5
P-total (mg/L)	5,9	6,2	9,0	2,0	0,3
DQO (mg/L)	379,1	-	857,0	401,0	374,0

**Tabela 6:** características típicas de esgoto bruto

Parâmetros(mg/L)	Esgoto Forte	Esgoto Médio	Esgoto Fraco	Sistema 2
SST	360	230	120	100,4
ST	1160	730	370	461,9
Amônia livre	50	20	10	3,9
Nitrito	0,1	0,05	0	0,1
Nitrato	0,4	0,2	0,1	0,3
P-total	20	10	5	5,9
DQO	800	400	200	379,1

**Fonte:**Jordão e Pessoa**Tabela 6.1:**características típicas de esgoto bruto

Parâmetro	Faixa	Típico	Sistema 2
pH	6,7-7,5	7	7,7
Alcalinidade (mg/L)	110-170	140	89,3

**Fonte:**Jordão e Pessoa

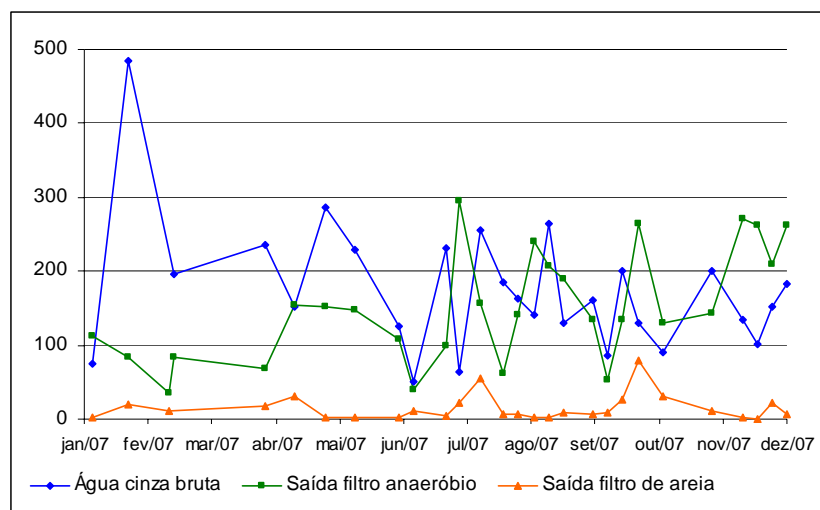
**Tabela 7:** Média dos parâmetros nos diferentes pontos de amostragem do Sistema 2

Parâmetros	Água Cinza Bruta	Saída Filtro Anaeróbio	Saída Filtro Areia
pH	7,7	7,4	7,5
Alcalinidade(mg/L)	89,3	135,3	109,1
Turbidez(NTU)	174,4	151,3	15,2
SST(mg/L)	100,4	31,9	23,2
ST(mg/L)	461,9	418,6	340,7
Cor(Uc)	294,2	436,0	32,7
N.Amôniacal(mg/L)	3,9	5,3	0,6
Nitrito(mg/L)	0,1	1,0	0,1
Nitrato(mg/L)	0,3	0,2	2,1
P-total(mg/L)	5,9	8,9	2,1
DQO (mg/L)	379,1	324,7	18,0
Coli totais(NPM/100ml)	1,20E+06	5,70E+05	4,80E+04
<i>E. coli</i> (NPM/100ml)	4,00E+04	1,10E+03	1,40E+04

Os resultados referentes às características físicas (turbidez, sólidos suspensos totais e sólidos totais) encontram-se dispostos na Tabela 5. A Tabela 6 permite a comparação com características típicas de sólidos em esgoto bruto.

A média para o parâmetro turbidez de Bazarella (2005) foi bem próxima à dessa pesquisa com 174,4 NTU e 166 NTU, respectivamente. Diferentemente de Rapoport (2004) e Fiori (2004) que, respectivamente, encontraram 82 NTU e 373 NTU como mostra a Tabela 5.

A Figura 10 mostra o comportamento dos valores médios encontrados para turbidez durante os 12 meses de monitoramento, nos três pontos de amostragem do Sistema 2



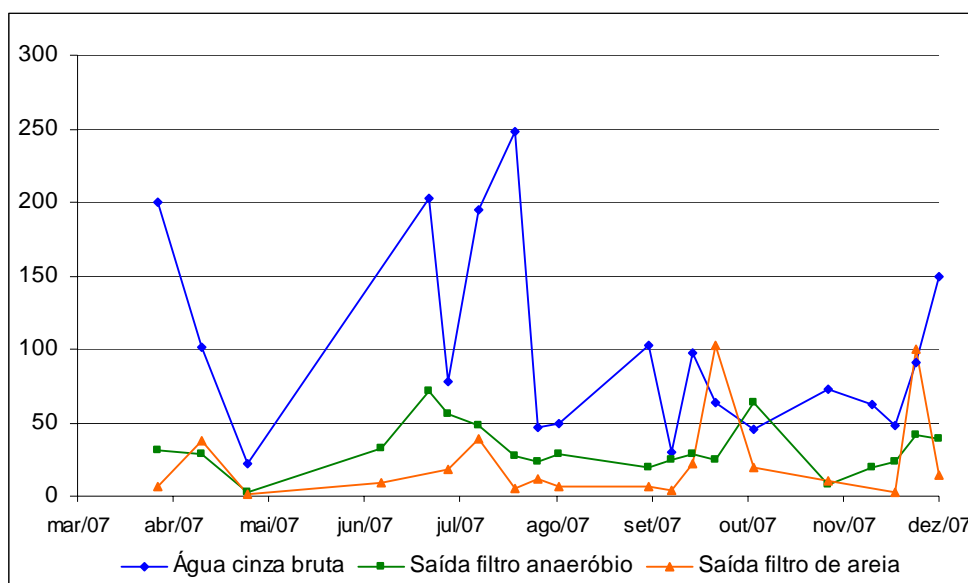
**Figura 10:** Série temporal turbidez (NTU)



O tratamento realizado no sistema 2 reduziu consideravelmente a turbidez, mas um fato que chamou a atenção foi, em algumas análises, na saída do filtro de brita anaeróbio apresentar valores maiores que na água cinza bruta.

Fiori (1996) encontrou valores de SST bem próximos aos obtidos nesta pesquisa, assim como o valor encontrado por Bazarella (2005), com concentrações médias de SST de 100, 100, 134 mg/L, respectivamente.

A Figura 11 apresenta série temporal dos SST, durante os 12 meses de monitoramento, nas três etapas do Sistema 2.



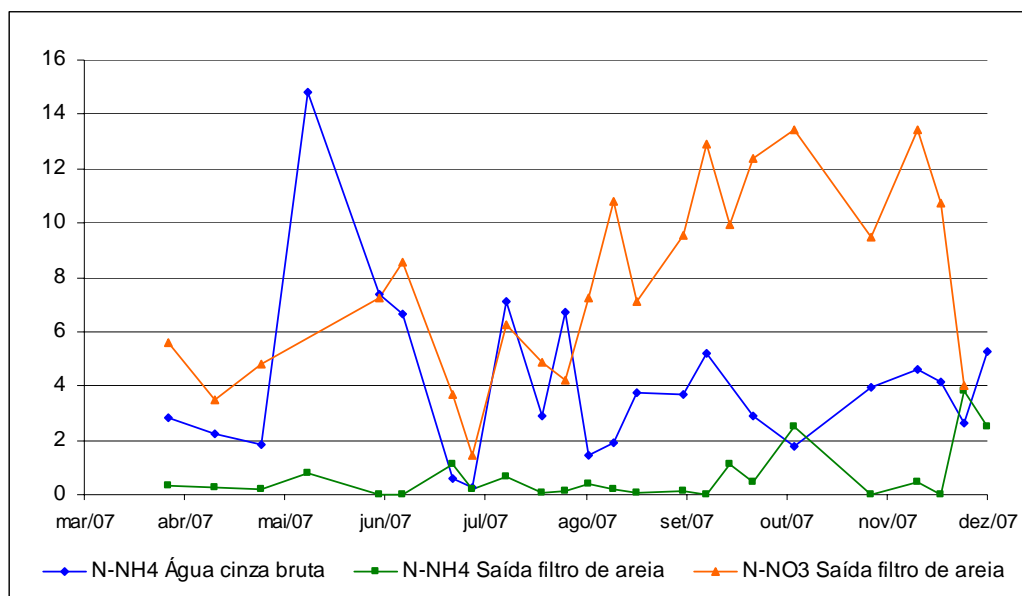
**Figura 11:** série temporal sólidos suspensos (mg/L)

Comparada com o esgoto doméstico, a água cinza bruta possui concentrações de SST e ST médias semelhantes às de um esgoto fraco (Tabela 6).

As concentrações de amônia variaram de 0,05 mg/L até 14,8 mg/L, com média de 3,9 mg/L como mostra a Tabela 7. Estas concentrações são bastante inferiores às usualmente encontradas em esgotos domésticos típicos, onde a principal fonte de nitrogênio é a urina (Tabela 6).

A Figura 12 mostra série temporal dos valores médios encontrados para nitrogênio amoniacal na água cinza e na saída o filtro de areia, assim como a média de nitrato na saída do filtro de areia do Sistema 2.

Na presença de oxigênio (etapa aeróbia do sistema) ocorre o processo de nitrificação, com o aumento da liberação de  $H^+$ , ou seja, o nitrogênio amoniacal é oxigenado originando assim, nitrito e posteriormente nitrato.



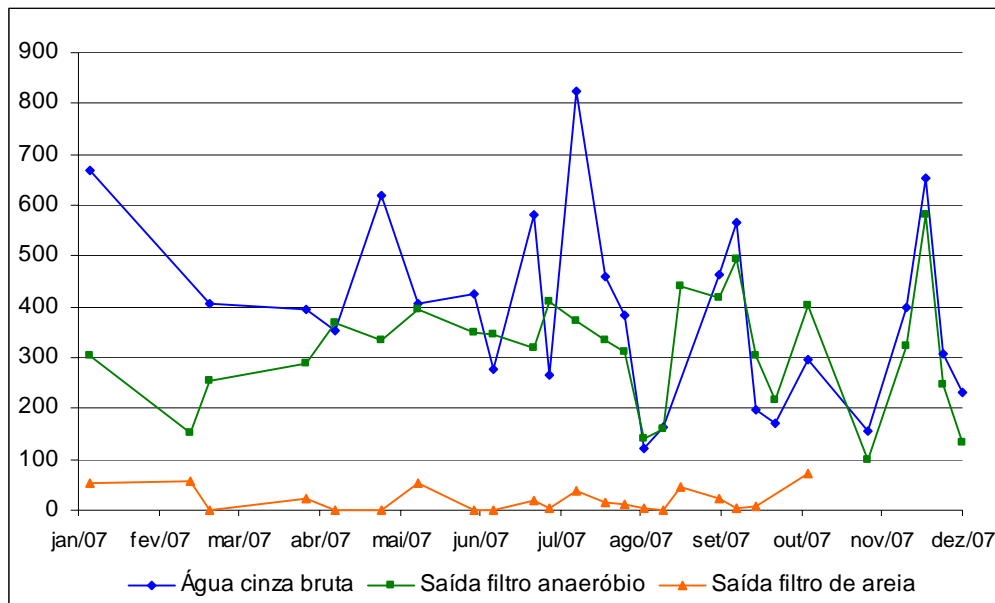
**Figura 12:** série temporal nitrogênio amoniacal

A concentração média de nitrito encontrada na pesquisa foi similar à de um esgoto bruto forte, ou seja, 0,1 mg/L. Já as concentrações de nitrato variaram entre 0 mg/L e 3,34 mg/L, permanecendo em 0,3 mg/L como valor médio e quando comparado ao esgoto bruto ficando entre médio e forte (Tabela 7). Fiori (2004) encontrou a concentração média de nitrato em 1,5 mg/L, muito além quando comparado à de um esgoto bruto forte que é de 0,4 mg/L.

A principal fonte de fósforo nas águas cinzas são os detergentes e sabões contendo fosfatos. O valor médio encontrado nessa pesquisa foi de 5,9 mg/L de fósforo total muito maior quando comparado com Rapoport (2004) e Fiori (2004) sendo as concentrações médias de 2,0 mg/L e 0,3 mg/L respectivamente (Tabela 5). Entretanto quando comparado com esgotos domésticos típicos se enquadram como fracos (Tabela 6).

Com relação à matéria orgânica a faixa dos valores encontrados para a água cinza bruta foi ampla com valores compreendidos entre 123–824 mg/L para DQO. A média dos valores encontrados para água cinza bruta, pós-filtro e reservatório, respectivamente, foram de 379 mg/L, 324 mg/L e 17 mg/L para DQO (Tabela 7).

A Figura 13 mostra os valores das médias encontradas para DQO, durante os 12 meses de monitoramento, nas três etapas do Sistema 2.



**Figura 13:** série temporal DQO (mg/L)

A Figura 13 mostra que a etapa aeróbia do sistema é de fundamental importância para redução da DQO, já que na maioria das análises este parâmetro se manteve na mesma faixa nas duas primeiras etapas do tratamento.

Concentrações similares, quando comparados o mesmo parâmetro, também foram observados por Rapoport (2004) e Fiori (2004) com 401 mg/L e 374 mg/L, respectivamente (Tabela 5). Comparado à um esgoto doméstico típico se enquadra na faixa do esgoto médio (Tabela 6).

O pH da água cinza depende do pH da água de abastecimento e dos nutrientes nela encontrados. As amostras de água cinza, no entanto, apresentaram o pH bem próximo da neutralidade, assim como em esgotos domésticos típicos (Tabela 6.1).

Avaliando o sistema de reúso de água cinza como um todo, o pH obteve valores próximos da neutralidade com 7,62, 6,72 e 7,28 para a água cinza bruta, pós filtro e reservatório, respectivamente (Tabela 7). Estes valores para água cinza bruta, são típicos devido à fonte de abastecimento ser a água potável e esta apresentar pH de neutro a alcalino.

A alcalinidade é um parâmetro muito importante quando se pretende tratar a água cinza pela via de digestão anaeróbia, visto que uma redução do pH pode afetar os microrganismos responsáveis pela depuração.

A alcalinidade na água cinza bruta obteve valores próximos aos reportados para esgoto doméstico, porém abaixo da faixa típica de esgoto bruto (Tabela 6.1), apresentando 89,28 mg/L. Após o tratamento pelo filtro de brita aumentou para 135,3 mg/L, entretanto diminuiu o seu valor médio para 109,1 mg/L no reservatório. Este fato deve-se em função do processo de nitrificação e ao consumo de  $H^+$  no filtro de areia por ser aeróbio, diminuindo a mesma.

### 5.2.2 Indicadores microbiológicos de contaminação

A presença destes organismos patogênicos na água cinza pode advir de lavagem de roupas, lavagem de alimentos contaminados, lavagem das mãos após o uso da bacia sanitária e banho entre outras fontes. Análises realizadas na água cinza mostraram a presença de coliformes fecais e totais e que a concentração destes microrganismos pode variar em função da origem da água cinza, isto é, se ela advém dos lavatórios, chuveiro ou máquina e tanque de lavar.

**Tabela 8:** Comparação valores médios de coliformes da água cinza bruta com outros da literatura.

Parâmetros	Sistema 2	Borges	Bazarella	Rapoport	Fiori
		(2003)	(2005)	(2004)	(2004)
Coli totais(NPM/100ml)	4,80E+04	9,42E+05	6,14E+04	8,10E+07	1,60E+05
<i>E. coli</i> (NPM/100ml)	1,40E+04	4,00E+02	3,25E+04	8,20E+05	-

A água cinza bruta apresentou, em média, níveis coliformes totais (CT) com aproximadamente duas unidades logarítmicas inferior ao do esgoto sanitário convencional de  $10^6$  a  $10^9$  NMP/100mL. E níveis de *E. coli* com aproximadamente uma unidade logarítmica inferior ao do esgoto sanitário convencional de  $10^6$  a  $10^8$  NMP/100mL (VON SPERLING, 2005).

### 5.3 Comparação da Eficiência dos dois Sistemas

A Tabela 9 mostra a eficiência do tratamento das águas cinzas em termos de matéria carbonácea, nitrogenada e organismos patogênicos nos dois sistemas.

**Tabela 9:** Média e eficiência dos dois sistemas

Parâmetros	Sistema 1		Sistema 2	
	média	eficiência	média	eficiência
Turbidez(NTU)	21,1	87,70%	15,2	91,20%
DQO(mg/L)	210,6	33,49%	18,0	95,25%
ST(mg/L)	430,7	28,22%	340,7	26,23%
SS(mg/L)	7,8	95,24%	23,3	76,90%
Cor(Uc)	42,0	81,46%	32,7	88,90%
N.Amônia(mg/L)	2,2	47,54%	0,6	83,50%
P-total (mg/L)	2,2	73,64%	2,1	64,20%
<i>E. coli</i> (NPM/100ml)	5,5E+01	99,91%	1,4E+04	65%

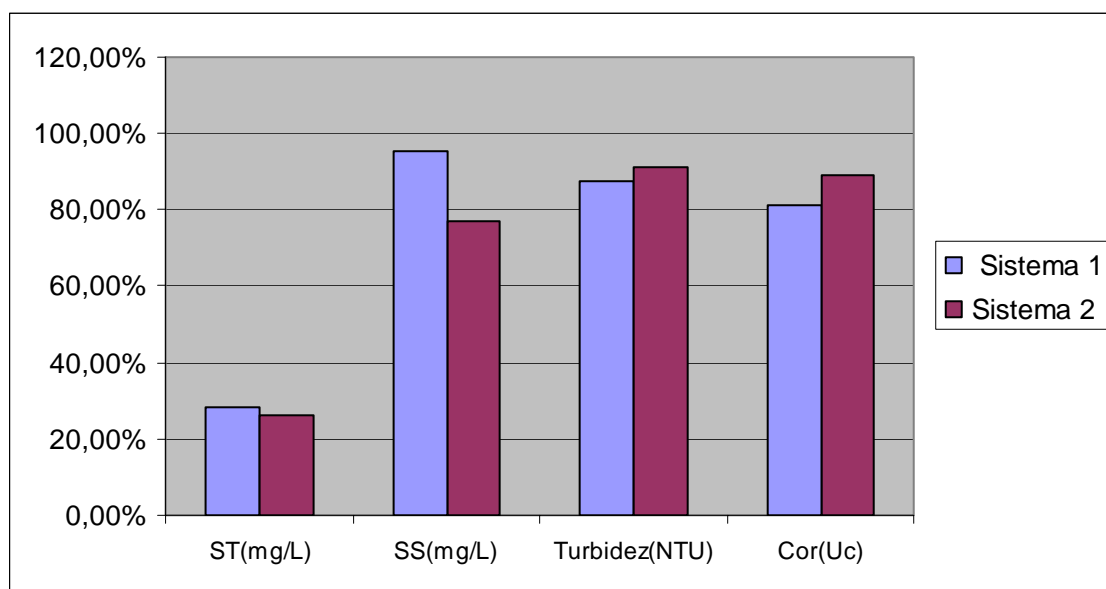
De acordo com a Tabela 8 apenas os Sólidos Totais em ambos sistemas, DQO e Nitrogênio amoniacal no Sistema 1 tiveram a eficiência menor que 60%.

Os resultados foram bem próximos nos parâmetros Sólidos Totais, Turbidez e Cor, porém nestes dois últimos com elevadas eficiências como mostra a Tabela 8 e a Figura 14.

O sistema 1 obteve uma eficiência de 95 % para os Sólidos Suspensos e o sistema 2 obteve a eficiência de 76 %, isto porque o filtro de brita do Sistema 1 colmatou três vezes em um período de um ano tendo que ser lavado nas três oportunidades, por isso sua eficiência foi considerada boa. À medida que os sólidos vão sendo removidos, o filtro vai perdendo sua eficácia ou pela restrição da passagem da água ou pela perda de eficiência na remoção de sólidos suspensos.

A eficiência do sistema 2 é menor quando comparada ao sistema 1, visto que os filtros não colmataram no período monitorado, mostrando que a etapa anaeróbia é muito importante por deixar o efluente em boas condições para ser tratado pelo filtro aeróbio.

Na Figura 14 foram dispostos os parâmetros com a menor discrepância nos valores sobre eficiência.



**Figura 14:** Comparação da eficiência dos dois sistemas

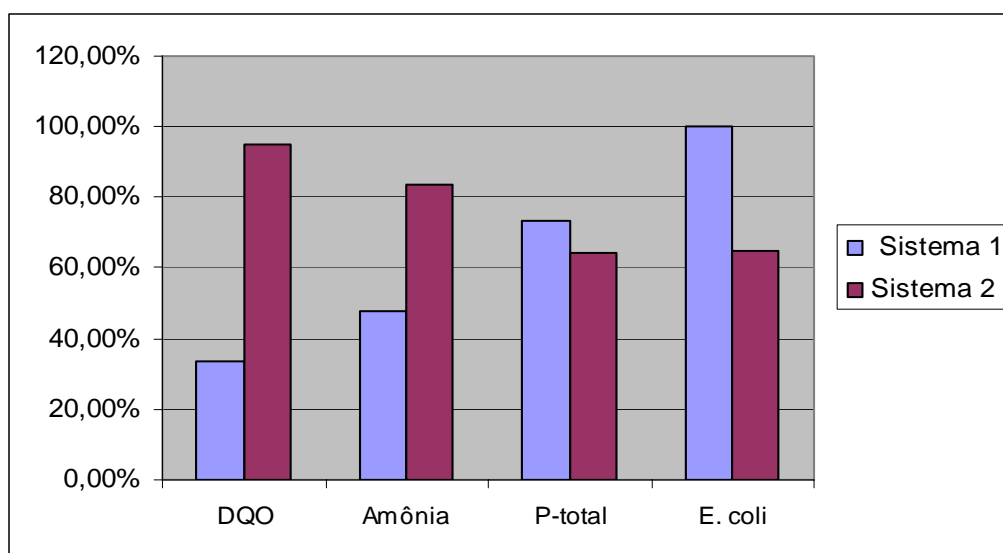
Na Figura 15 foram dispostos os parâmetros com a maior discrepância nos valores sobre eficiência.

A DQO foi o parâmetro que obteve a maior diferença, com de 95 % de eficiência no Sistema 2 e 33 % no Sistema 1, evidenciando que o incremento de um tratamento anaeróbio é muito importante na remoção de matéria orgânica, pelo mesmo motivo dos sólidos suspensos como mostra a Figura 11, onde após o filtro anaeróbio não houve muita remoção, mas esta etapa serviu para dar condições do filtro de areia aeróbio remover bem a matéria orgânica sem haver problemas como colmatação, por exemplo.

O sistema 2 também foi mais eficiente quanto ao Nitrogênio amoniacal com 83,5 % de eficiência enquanto que o sistema 1 obteve 47,5 %, isto devido ao mesmo fato da remoção de matéria orgânica, ou seja, o filtro anaeróbio promoveu condições ótimas para o filtro aeróbio operar sem problemas.

Já quanto ao Fósforo Total o Sistema 1 obteve a eficiência em torno de 74 % contra 64 % do Sistema 2, mostrando que a inserção do tratamento anaeróbio pouco mudou a eficiência deste parâmetro.

Quanto a remoção de *Escherichia coli* o sistema 1 obteve a eficiência em torno de 100 % após passar por cloração. No Sistema 2 foi analisado a saída do filtro de areia aeróbio sem cloração, propositalmente, para saber a eficiência do sistema em si, e esta foi de 65%. Deixando claro que a desinfecção prévia ao reúso é necessária.



**Figura 15:** Comparação da eficiência dos dois sistemas

Quanto ao custo de instalação o sistema 2 foi 31% mais caro que o sistema 1 devido a inserção do filtro de areia aeróbio, entretanto quanto ao custo de operação o sistema 1 foi superior ao do sistema 2 tendo em vista que este colmatou em três oportunidades.

#### 5.4 Comparação dos dois sistemas com os padrões de reúso

A Tabela 10 apresenta uma comparação entre as médias obtidas no efluente tratado nos dois sistemas e limites estabelecidos por três normas.

**Tabela 10:** Comparação dos valores médios da água cinza tratada com normas e padrões de reúso

Parâmetros	Sistema 1	Sistema 2	ANA & FIESP(2005)	EPA(2004)	NBR13963/97
pH	8,2	7,5	6,0 - 9,0	-	-
Turbidez(NTU)	21,09	15,2	< 2,0	2,0 - 5,0	-
SS(mg/L)	7,77	23,2	< 5,0	5,0 - 30,0	-
Cor(Uc)	42,00	32,7	< 10,0	-	< 10
Amônia(mg/L)	2,15	0,6	< 20,0	-	-
Nitrito(mg/L)	0,95	0,1	< 1,0	-	-
Nitrato(mg/L)	2,51	7,8	<10,0	-	-
P-total(mg/L)	2,17	2,1	< 0,1	-	-
Coli totais (NPM/100ml)	-	4,8E+04	-	2,2 - 23,0	-
<i>E. coli</i> (NPM/100ml)	55,4E	1,4E+04	ND	ND - 75,0	< 500

Os parâmetros Turbidez, Cor e Fósforo total dos dois sistemas, mesmo com excelentes eficiências de remoção, obtiveram valores médios acima do permitido pelos padrões referenciados.

Em relação ao Fósforo total média foi muito superior ao padrão citado na tabela e também ao padrão da OMS (Organização Mundial da Saúde), que é de 0,5 mg/L.

Ainda quanto ao Fósforo total é compreensível essa média devido ao exagero de sabão e amaciante utilizado nos tanque e máquina de lavar verificados nas análises laboratoriais, além destes serem as UHS com maior consumo de água da residência.

Quanto ao pH e aos nutrientes inorgânicos, Nitrogênio amoniacal, Nitrito e Nitrato, todos valores de ambos sistemas permaneceram dentro do limite pré-estabelecido pelo Manual da ANA/FIESP/SindusCon – SP (2005).

Os valores médios encontrados para Sólidos suspensos nos dois se enquadraram apenas no limite da EPA (2004).

Rebello (2004) na sua pesquisa propõe índices de Coli Totais de 1000 NMP/100 mL e de Coli Fecais de 500 NMP/100 mL para a água utilizada na descarga de vaso sanitário. Após a desinfecção a presença de *E.coli* nos dois sistemas está dentro do permitido pela NBR 13.969/97, pela EPA(2004) e com valores próximos aos sugeridos pela literatura.

## 6. CONCLUSÕES

Com relação à caracterização quantitativa e qualitativa da água cinza bruta no Sistema 2:

O consumo diário médio de água (reúso + potável) da residência foi em média 424,4 L/dia, resultando em uma média de 141,5 L/hab dia.

A distribuição do consumo de água por tipo de aparelho mostrou que a máquina e tanque de lavar roupas foram as UHS que mais consumiram água (37%), seguido de lavatório e chuveiro (27%), vaso sanitário (22%) e pia da cozinha (13%).

A produção de água cinza na residência, considerando os efluentes do lavatório, chuveiro, máquina e tanque de lavar roupas, é regular, suprimindo a demanda no vaso sanitário.

A água cinza bruta apresentou uma grande variabilidade nos valores obtidos no monitoramento, principalmente nas concentrações de matéria orgânica, turbidez, Sólidos totais, cor e nitrogênio amoniacal, estando todos dentro das faixas de valores encontrados na literatura.

Quanto a comparação dos parâmetros analisados da água cinza bruta com a média de esgotos domésticos típicos, apenas nitrito e nitrato se enquadraram como esgoto bruto forte. O parâmetro Fósforo total, apesar de registrar uma média elevada (5,9 mg/L), se enquadrou como esgoto bruto fraco.

As concentrações de *E. coli* e coliformes totais (CT) também foram bastante significativas, mostrando que, mesmo com a ausência do efluente de vasos sanitários, existe a contaminação fecal. Dessa forma, é necessária a desinfecção previamente ao reúso.

À respeito da comparação dos dois sistemas:

A inserção de um filtro anaeróbio antecedendo o filtro aeróbio no Sistema 2 incrementou consideravelmente a remoção de matéria orgânica e nitrogênio amoniacal, e em menor escala, a remoção de turbidez e cor da água cinza bruta, chegando a níveis de concentração de alguns parâmetros, que atendem às normas e padrões. Além disso, o efluente tratado pelo Filtro de areia aeróbio é completamente desprovido de odor.

O custo de instalação do sistema 2 foi 31% superior ao sistema 1, já quanto ao custo de operação o sistema 1 foi superior ao do sistema 2

O sistema 2 apresentou melhores condições de operação e monitoramento, visto que os filtros não colmataram no período monitorado, ao contrário do sistema 1 que apresentou este problema em três oportunidades num mesmo período de tempo.

Os efluentes tratados nos dois sistemas apresentaram potencialidade para o reúso na descarga do vaso sanitário, podendo até ser aplicado em outros usos não potáveis, tais como, a rega de jardim e lavagem de veículos.



A etapa de desinfecção foi de extrema importância nos dois sistemas, pois complementou com eficiência a remoção de *E.coli* e CT, enquadrando o efluente tratado para o reúso em termos de concentrações de microrganismos nos padrões mais restritivos. O cloro removeu também a cor remanescente dos tratamentos anteriores e garantiu a completa desodorização.

Com relação aos padrões, os valores de ambos sistemas referentes ao pH e aos nutrientes; Nitrogênio amoniacal, Nitrito e Nitrato, permaneceram dentro do limite pré-estabelecido pelo Manual da ANA/FIESP/SindusCon – SP (2005).

Os valores encontrados para os parâmetros Turbidez, Cor e Fósforo total nos dois sistemas para água cinza tratada não satisfazem as exigências do manual da ANA/FIESP/SindusCon – SP (2005), tampouco os requisitos da NBR 13.969/97. Cabe ressaltar que não há uma padronização de parâmetros das normas para reúso, dado a amplitude de alternativas possíveis.

## **6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **Material filtrante – Areia, antracito e pedregulho:** NBR 11.799. Rio de Janeiro, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **Tanques sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação:** NBR 13.969. Rio de Janeiro, 1997.

ANA, FIESP e SindusCon-SP. **Conservação e Reúso de água em Edificações.** São Paulo: Prol Editora Gráfica. 2005.

APHA . **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 19. ed. Washington: American Public Health Association, 1998.

ASANO, T.; LEVINE, A. D. **Wastewater reclamation recycling and reuse: past, present, future.** Water Science Technology, Britain, v.33, n. 10-11, p. 1-14, 1996.

BORGES, L. Z. **Caracterização da água cinza para promoção da sustentabilidade dos recursos hídricos.** 2003. 88f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

BRAGA, C. F. C.; RIBEIRO, M. M. R. **Experiências em Gerenciamento da demanda urbana de água.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL –ABES, n.21, 2001, João Pessoa – PB.

BAZZARELA, B. B. **Caracterização e aproveitamento de águas cinzas para usos não potáveis em edificações.**Dissertação de mestrado.Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.Universidade federal do Espírito Santo, 2005, Vitória.

CHERNICHARO, C. A. L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Reatores anaeróbios** – vol.5, 2.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 2007.

EPA (US) -. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidelines for water reuse**. EPA 625-R-04-108. Office of Water, Washington, DC, 2004.

ERIKSSON, E.; AUFFARTH, K.; MOGENS, H. LEDIN, A. **Characteristics of grey wastewater**. Urban Water. (2002)

FIORI, S., FERNANDES, V. M. C., PIZZO, H. S. **Avaliação qualitativa e quantitativa do potencial de reúso de águas cinzas em edificações**. In: IV Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental: Qualidade ambiental e Responsabilidade Social.

JEFFERSON, B.; LAINE, A.; PARSONS, S.; STEPHERSON, T.; JUDD, S. **Technologies for domestic wastewater recycling**. Urban Water. v. 1, n. 4,1999.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgoto Doméstico**. 4 ed. Rio de Janeiro: Segrac, 2005.

LAZAROVA, V. HILLS, S. BIRKS, R. **Using recycled water for non-potable, urban uses: a review with particular reference to toilet flushing**. Water Science and Technology. v. 3, n. 4,2003

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. Barueri-SP: Manole, 2003.

NSWHEALTH. **Greywater reuse in sewerred single domestic premises**. Disponível em: <http://www.health.nsw.gov.au> ,acesso 12/12/07

NOLDE, E. **Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-sotrey buildings – over ten years experience in Berlin**. Urban Water. v. 1, n. 4, p. 275-284, 1999.

PETERS, M. R.. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma residência**. Dissertação de mestrado.Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.Universidade Federal de Santa Catarina, 2006, Florianópolis.

RAPOPORT, B. FERREIRA, A. P. ROQUE, O. C. C. **Caracterização das águas cinzas e avaliação do custo benefício para reúso domiciliar**. In: Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2004, Natal. ABES. CD-ROM. 2004.

REBELLO, G. A. O. **Conservação da água em edificações: estudo das características de qualidade da água pluvial aproveitada em instalações prediais residenciais**. 2004. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – IPT, São Paulo, 2004.

ROCHA, A. L.; BARRETO. D.; IOSHIMOTO, E. **Caracterização e monitoramento do consumo predial de água**. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento. 104 Secretária de Política Urbana, 38 p. (Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Documento Técnico de Apoio; E1), 1998.

**SPERLING, M.V. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 1996.

**TSUTIYA, M.T. .Abastecimento de água.** 3ªed.São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

**VOGEL, A. L. Análise inorgânica qualitativa.** 4ªed. Editora Guanabara. Rio de Janeiro. 1981.

**WHO, Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater.** Vol.4, excreta and greywater use in agriculture, 2008

#### **Sites Visitados:**

**ANA - Agência Nacional das Águas.**Acesso em: 15 fevereiro 2008

< [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br) >

**CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do estado de São Paulo**  
Acesso em: 30 maio 2008

<[www.cetesb.com.br](http://www.cetesb.com.br)>

**IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.**Acesso em: 05 junho 2008

<[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>

**IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de SP.**Acesso em: 22 fevereiro 2008

< [www.ipt.br](http://www.ipt.br) >

**PROSAB – Programas de Pesquisas em Saneamento Básico.**Acesso em: 11 março 2008

< [www.finep.gov.br/prosab](http://www.finep.gov.br/prosab) >

**REVISTA ECO 21 –** Acesso em: 07 junho 2008

<[www.eco21.com.br](http://www.eco21.com.br)>

**SABESP - Concessionária Paulista de Saneamento.**Acesso em: 13 março 2008

< [www.sabesp.com.br](http://www.sabesp.com.br)>

**SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento.** Acesso em: 25 junho 2008

<[www.snis.gov.br](http://www.snis.gov.br)>

**UNICEF - Nações Unidas das Crianças.**Acesso em: 13 março 2008

< [www.unicef.org.br](http://www.unicef.org.br)>

**WIKIPEDIA – Enciclopédia livre e gratuita.**Acesso em: 17 junho 2008

<[www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)>